



# ALGORITMOS DE DECISIÓN EN CIRUGÍA REFRACTIVA CRISTALINIANA

Universidad de Zaragoza, Facultad de Ciencias

**Alumno:** Miryam Romeo Gimeno  
**Directores:** Jose Manuel Larrosa Poves  
Irene Altemir Gómez  
**Curso:** 2014-2015

## **RESUMEN**

**Objetivo:** Analizar y estudiar las diferentes medidas obtenidas del ojo a la hora de calcular la potencia de la LIO que va a ser implantada, así como las características y tipos de estas.

**Método:** Se realiza un estudio de 141 ojos operados de cirugía refractiva cristaliniana a los que previamente se les ha realizado un estudio ocular: refracción, queratometría, topografía y biometría; a los cuales se ha analizado la relación existente entre la longitud axial del ojo (LA) y la potencia de la lente intraocular implantada (LIO), así como, la profundidad de la cámara anterior (CA) y la media queratométrica (K). Se dividió la muestra en tres grupos en relación a la longitud axial del ojo:

LA < 22mm, 22-26mm, LA > 26mm

### **Resultados:**

Como resultado obtenemos una correlación positiva entre la LA y CA y negativa en el caso de la LA y PLIO y CA y PLIO.

El valor de las PLIOs en nuestro muestrario va desde una potencia de 6D hasta 27,5D en pasos de 0,5D, donde el valor medio es de 21,87D con una desviación de 3,27D.

Las lentes intraoculares más implantadas han sido las multifocales con un 63,12% seguidas de las monofocales con un 29,78% y con un porcentaje más pequeño de 7,10% las tóricas.

### **Conclusiones:**

- Existe una relación lineal entre la LA y potencia de la lente implantada. A menor longitud axial mayor es el valor de la LIO.
- Los ojos con una LA grande presentan una mayor CA y ojos con una LA menor presentan valores de CA menores.
- Para una LA > 25,50mm la CA no sigue una relación lineal.
- Existe una relación lineal entre la CA y la PLIO. A mayor CA menor PLIO.
- SRK-T está limitada en ojos con LA grande.

## ÍNDICE

1.-Introducción.....	Pág. 4
1.1.-Cirugía refractiva cristaliniiana.....	Pág. 6
1.2.-Medidas preoperatorias.....	Pág. 7
1.3.-Fórmulas de cálculo de la potencia de LIO.....	Pág. 9
1.4.-Tipos de LIOs existentes y características.....	Pág. 11
2.-Hipótesis.....	Pág. 15
3.-Objetivos.....	Pág. 15
4.-Material y método.....	Pág. 16
5.-Resultados.....	Pág. 19
6.-Discusión.....	Pág. 24
7.-Conclusiones.....	Pág. 25
8.-Bibliografía.....	Pág. 26
9.- Anexos.....	Pág. 28

## 1.-INTRODUCCIÓN

La cirugía refractiva cristaliniana como su nombre indica, es una cirugía del globo ocular, en la que se sustituye el cristalino sano de nuestro paciente y se introduce en su lugar, una lente intraocular (LIO) de una potencia dada que ha sido calculada previamente, cuya finalidad es la de acercar la refracción de nuestro paciente a la emetropización. Una desventaja de este tipo de cirugía es la pérdida de acomodación del ojo tras la extracción del cristalino, pero como veremos más adelante, existen diferentes tipos de LIOs que podremos implantar para conseguir una buena visión a diferentes distancias.

El globo ocular podemos decir que está dividido en diferentes secciones o partes, dentro de su longitud axial (LA), como son: la cornea, la profundidad de la cámara anterior (CA), cristalino y parte posterior del ojo. La medición de todas estas partes es fundamental a la hora de calcular nuestra LIO, además de realizar: queratometría y topografía.

Existen diferentes fórmulas de varias generaciones, las cuales se aplican con los valores de cada paciente, y se obtiene la potencia de la LIO que consigue la emetropización. También existe un rango de fabricación de potencias, por lo que no siempre podremos implantar la lente que neutralice toda la ametropía, aún así el error de potencia es mínimo, y se puede considerar como valor emétrepe. Tras varios estudios, se ha determinado que, para ojos fuera del rango normal (menores de 22mm y mayores de 26mm) no se debe de aplicar la misma fórmula que para los ojos dentro de estos valores, ya que, tras la cirugía se pueden inducir errores refractivos. Por lo que, en función de la longitud axial del ojo se elegirá la potencia de la LIO a través de una fórmula u otra.

Como caso interesante, cabe destacar que durante la segunda guerra mundial, las lesiones oculares de algunos pilotos de aviones llevaron a la creación de las primeras lentes intraoculares<sup>1</sup>. Ridley fue uno de los oftalmólogos de la Royal Air Force y observó, que pilotos con lesiones en la córnea, producidos por fragmentos de acrílico de la cúpula de los aviones, no presentaban ningún tipo de rechazo.

Así que, a partir de aquí, Ridley acuñó el término de sustituir el cristalino por un material acrílico, poniendo en práctica la cirugía nada más acabar la guerra y dando a conocer uno de los inventos más exitosos en esta área de la medicina.

Actualmente, el nivel de éxito de este tipo de cirugía es alto alcanzando una buena agudeza visual sin el uso de corrección. Dicho éxito es debido a una buena realización de las pruebas preoperatorias. Una medida muy importante a la hora de esta intervención es la medición de la longitud axial y el cálculo de la lente a implantar, siendo también muy importante la experiencia del cirujano y las características de las lentes. Una buena cirugía no es suficiente si hay un error en el cálculo y en las mediciones previas.

## 1.1.- Cirugía refractiva cristaliniana

La cirugía refractiva se considera una subespecialidad de la oftalmología, pero ha tardado más de 100 años en ser reconocida como tal<sup>2</sup>. La corrección de miopía, hipermetropía o astigmatismo con cirugía, hace independiente a la mayoría de nuestros pacientes a la hora de llevar lentes, gracias al éxito de la cirugía.

Existen dos tipos de cirugía refractiva, las queratorrefractivas (LASIK y PRK) y la cirugía con técnicas intraoculares. El primer tipo de cirugía (queratorrefractivas), se basa en manipular la forma de la cornea para eliminar la ametropía, se utiliza para ametropías bajas o moderadas, mientras que para las ametropías altas, o para pacientes cuya morfología corneal no les permite un tratamiento con laser, se les realizan técnicas intraoculares, que consisten en el implante de una lente intraocular (LIO) en el ojo. Esta última técnica la podemos dividir en dos categorías:

- sin extracción del cristalino (lentes intraoculares en ojos fágquicos), por lo que se mantiene la acomodación consiguiendo una buena visión en visión lejana y cercana. Como ya hemos dicho antes se utiliza para corrección de altas ametropías por lo que el rango de dioptrías es fabricable hasta -23,5D para miopía, +17D para hipermetropía y hasta 7,5D para el astigmatismo, y se suele utilizar cuando la ametropía del paciente sale del rango de -8D a +5D<sup>2</sup>.
- cirugía refractiva sobre cristalino (lente intraocular en ojo pseudofágquico) mediante una cirugía faco-refractiva, siguiendo el mismo procedimiento que la cirugía de cataratas. Se utiliza la técnica de facoemulsificación con ultrasonido seguido del implante de una lente intraocular en la cápsula posterior del cristalino. Esto beneficia a las personas mayores de 50 años, cuyo cristalino ya empieza a perder eficacia.

Como caso de interés, aún no realizado en humanos, tenemos la técnica Phaco-Ersatz también llamado como gel-polímero inyectable, esta técnica consiste en inyectar un gel en la cápsula del cristalino que reemplaza y recupera la acomodación de este<sup>3</sup>. Para ello se elimina el material del cristalino y se inyecta el gel-polímero. El poder refractivo depende del índice del gel y de la cantidad inyectada. Para conseguir la emetropización, mientras se va introduciendo el gel, un autorrefractómetro va midiendo la refracción, terminando de inyectar el líquido cuando el valor del auto está en 0, es decir, el ojo esta emétrope. El proceso finaliza cuando se ilumina el falso cristalino con una luz azul, que polimeriza el gel dándole una consistencia final que será capaz de deformarse con los cambios en la cápsula. Con esta técnica se consigue ver objetos cercanos nítidamente sin el uso de lentes.

## 1.2.- medidas preoperatorias<sup>4,5</sup>

Antes de la cirugía debemos de elaborar un plan quirúrgico en el que se incluirán las medidas de: LA, medida a través de un biómetro ocular, queratometría ocular, profundidad de la cámara anterior, medida de la distancia blanco-blanco, y por último, el espesor del cristalino.

### Biometría ocular

La biometría es una técnica no invasiva, rápida y no dolorosa, que se encarga de la medida de los parámetros físicos del globo ocular, proporcionándonos la medida de la longitud axial del ojo, uno de los factores más importantes para el cálculo del poder de la LIO<sup>5</sup>. Un error de un milímetro en la medida de la longitud axial, puede dar un error refractivo post-operatorio de 3D.

La biometría puede realizarse mediante dos técnicas<sup>4</sup>:

- biometría ultrasónica: Eco A
  - o de contacto
  - o de inmersión
- biometría óptica: IOL Master

En la biometría ultrasónica, el biómetro emite un haz de ultrasonido entre 8-10MHz que se emite en el interior del ojo mediante una sonda. El haz emitente se propaga uniformemente a través de los tejidos oculares. Como todos medios no tienen el mismo índice de refracción, el paso de un medio a otro se refleja mediante un eco, consiguiendo al final una imagen bidimensional del globo ocular, obteniendo la longitud axial de este mediante la suma de todos los espacios.

Los ecógrafos recogen el tiempo que tarda el eco en volver y aplican una velocidad media. La formación de estos ecos puede verse afectada por<sup>5</sup>:

- Angulo de incidencia de la sonda: la sonda debe de estar bien alineada, si la medición se produce cuando ésta está oblicua, parte del eco reflejado se aleja.
- Ganancia: Es la amplificación de los ecos. En un ojo normal una ganancia baja, puede destacar poco la retina y confundirla con la esclera dando lugar a una longitud axial más larga.
- Uniformidad de la interfase: a mayor uniformidad, mayor será la intensidad de los ecos.
- Modo de medida: puede realizarse de manera automática o manual, esta última se suele realizar para casos de mala fijación o en anomalías intraoculares, donde los ecos se ven alterados.
- Velocidad del ultrasonido (US): debemos ajustar la velocidad del US en función de si tenemos un ojo fáquico o afáquico.

Como ya hemos dicho antes, dentro de la biometría ultrasónica puede ser de contacto o de inmersión. En la primera, la sonda se coloca en contacto con la cornea a la cual anteriormente, se le habrá puesto un anestésico tópico. En esta técnica deberemos de tener cuidado con la presión que ejercemos sobre el globo ocular, ya que una presión excesiva puede darnos una longitud axial más corta, producida por el aplanamiento excesivo de la cornea, a lo que también nos llevaría a un espesor corneal y una profundidad de cámara anterior inferior. En la técnica de inmersión se necesita una cápsula de vidrio que se apoya sobre la esclera y se llena con suero fisiológico, en el que se sumerge la sonda sin llegar a contactar con la superficie ocular. Esta técnica resulta más exacta en pacientes con una longitud axial menor a 22mm, blefaroespasmos o con mala fijación.

En la década de los 90 se desarrollo un biómetro no invasivo basado en el principio de biometría óptica con interferometría parcialmente coherente. Esta técnica se basa en la proyección de dos haces de luz infrarroja. Este doble haz no es sensible a los movimientos oculares. Además de que el óptico emite dos haces, uno emite US y el otro un haz de luz, el biómetro ultrasónico emite una medida cornea-mb. limitante interna y el óptico emite una medida cornea-epitelio pigmentario (EPR), lo que se convierte en una diferencia de unas 130 micras. Siendo mayor la longitud axial en la biometría óptica.

### **Queratometría ocular**

Es el segundo factor más influyente en el cálculo de la potencia de la LIO después de la medida biométrica, ya que un error en esta medida de una dioptría, puede inducir un error de 1 dioptría para el cálculo de la LIO.

Con esta medida obtenemos el radio de curvatura de la superficie corneal, cuyos valores se utilizaran en las fórmulas matemáticas para el cálculo de la potencia. Para que el cálculo de la potencia sea más preciso, se toma el valor queratométrico en los 3mm centrales de la cornea. En la actualidad esta medida, se suele realizar con un topógrafo corneal.

### **Profundidad de la cámara anterior**

El valor de la cámara anterior va, desde la cara anterior de la córnea, hasta la cara anterior del cristalino. Ambos tipos de biómetro, nombrados anteriormente, nos dan este valor. A diferencia del valor biométrico de la longitud axial y de la queratometría ocular, el valor de error de la profundidad de la CA es menos crítico, ya que, un error de 0,1mm en la medida produce un error refractivo de 0,1mm en el cálculo de la potencia de la LIO.

### **Medida del blanco-blanco y espesor del cristalino**

Con las primeras fórmulas, para calcular la potencia de la LIO solo bastaba con los valores de la longitud axial, queratometría y profundidad de la CA, pero con el paso de los años, las fórmulas han evolucionado y con ellas, la incorporación de los valores blanco-blanco y el espesor del cristalino para el cálculo de la potencia.

La medida blanco-blanco es la distancia entre el limbo corneal temporal, hasta el limbo corneal nasal.

La medida del espesor del cristalino se realiza mediante los biómetros ultrasónicos y viene representado con el nombre de “lens”. Una fórmula que usa esta medida es la Holladay II.

### **1.3.- Fórmulas de cálculo de la potencia de la LIO<sup>5,6,7</sup>.**

#### **1.3.1-Historia**

Cuando se empezaron a implantar las primeras lentes intraoculares, eran de un valor estándar<sup>6</sup>. Pero al poco tiempo se descubrió que los pacientes miopes quedaban hipocorregidos y los pacientes hipermetropes hipercorregidos<sup>5</sup>. Para evitar este error refractivo se empezó a desarrollar unas fórmulas biométricas donde se tenía en cuenta la longitud axial del ojo y la queratometría.

#### **1.3.2.- Fórmulas empíricas**

Son fórmulas obtenidas a partir de un análisis estadístico de unos casos, donde el investigador determina los principales factores y calcula unos coeficientes para un cálculo mucho más exacto. La fórmula más utilizada ha sido la SRK II, que es una modificación de la SRK. En la fórmula SRK la relación entre LA, K y potencia de la LIO, es lineal.

$$P = A - 2,5 LA - 0,9 K$$

La constante A es diferente para cada modelo de LIO, lo cual también es una característica de estas, que sirve para identificarla.

Esta fórmula se popularizó por su sencillez, pero errores en ojos extremos, llevo a modificar dicha fórmula con el factor corrector de la LA (longitud axial), denominándose SRK II

<b>LA&lt;20, C=3</b>
<b>20 ≤ LA &lt; 21, C=2</b>
<b>21 ≤ LA &lt; 22, C=3</b>
<b>22 ≤ LA &lt; 24,5, C=0</b>
<b>24,5 ≤ LA, C=-0,5</b>

Aun así, estas fórmulas tienden a fallar para ojos extremos y para ojos tras cirugía refractiva, con aceite de silicona intraocular. Por ello, tienden a ser abandonadas y pasar al uso de formulas de óptica geométrica, que se pueden usar para cualquier situación.



### **1.3.3.- Fórmulas teóricas**

Surgen en la década de los 60<sup>4</sup>. Las fórmulas teóricas calculan la refracción de la luz en el ojo mediante el uso de leyes de óptica geométrica, la mayoría son fórmulas de vergencia óptica. La primera fórmula fue desarrollada por Fyodorov. La gran ventaja de estas fórmulas es que pueden usarse para cualquier caso, siempre que se conozcan las características del ojo.

#### **1.3.3.1.- Fórmulas teóricas de 1ª generación**

Fyodorov fue el primero en publicar una fórmula teórica en 1967 para calcular la potencia de la LIO que se debía implantar en función de la LA y la K, considerando el índice de refracción (n) y la profundidad de la cámara anterior (CA) como valores constantes.

#### **1.3.3.2.- Fórmulas de 2ª generación**

El principal problema de las fórmulas de primera generación, es que consideran la posición efectiva de la lente (ELP) como un valor único, independientemente de la LA. Por lo que Binkhorst introdujo un cambio, donde la EFP cambiaba en función de la LA, a mayor EFP mayor LA.

Autores como Hoffer y Binkhorst se dieron cuenta de que ojos muy largos quedaban hiperconvergiados y ojos muy cortos hipocorregidos. Para corregir esto, decidieron modificar la variable A en función de la LA, sumando 1, 2 o 3 dioptrías para ojos cortos y restando 0,5 a ojos largos. Dando lugar a la fórmula SRK-II<sup>5</sup>.

#### **1.3.3.3.- Fórmulas de 3ª generación**

Son las fórmulas más utilizadas actualmente. Tratan de predecir la posición efectiva de la lente (ELP) en función de la longitud axial y de la queratometría. A mayor LA mayor ELP y a mayor valor de queratometría mayor ELP.

Las más conocidas son: SRK-T, Holladay I, Hoffer Q y Olsen.

Holladay en 1988, cree que para poder predecir el valor preoperatorio de la profundidad de la cámara anterior, esta debe relacionarse con la profundidad de la cámara anterior postoperatoria y la longitud axial.

Como los autores de la fórmula SRK consideran que la posición efectiva de la lente es importante para reducir la refracción final, modifican su fórmula convirtiéndola en la SKR-T. Suman la distancia entre la córnea y el plano del iris y la distancia desde el plano iridiano al plano principal de la lente intraocular, obteniendo así el valor de la profundidad de la cámara anterior.

### **1.3.3.4.- Formulas de 4ª generación**

Holladay emplea 7 variables en la fórmula Holladay II para el cálculo de la EPL las cuales son: LA, K, CA fáquica, grosor del cristalino, diámetro corneal horizontal, refracción preoperatoria y edad.

Cada cirujano u óptico-optometrista tiene preferencia por unas fórmulas en función de las características del ojo y de los resultados obtenidos. Las fórmulas de 3ª y 4ª generación han desplazado a las de 2ª generación y a las empíricas<sup>10</sup>.

LA	< 22	22-26	>26
Elección	Hoffer Q	Hoffer Q/ SRK-T/ Holladay I	SRK-T/ Holladay I

Tabla 1: Indicaciones básicas de las formulas de tercera generación<sup>12</sup>

## **1.4.- Tipos de LIOs**

Una ventaja de las LIOs es que la corrección de la ametropía se puede realizar sin causar modificaciones en la córnea.

Las LIOs se pueden clasificar en dos grupos:

### **1.4.1.- lentes intraoculares fáquicos (LIO-f)**

Se desarrollaron en la década de los 50 pero no se aceptaron hasta hace 2 décadas<sup>2</sup>. Este tipo de lentes se implantan en el ojo, manteniendo el cristalino de la persona, por lo que estas siguen manteniendo la acomodación, lo que se considera una ventaja. Otra ventaja que tienen este tipo de LIOs es que al mantener el cristalino del paciente se evitan todos los riesgos y complicaciones de la cirugía de cristalino.

Para la implantación de este tipo de lentes, el paciente debe cumplir unos requisitos: tener una profundidad de cámara anterior > 2,8mm, un número de células endoteliales de la córnea > 2000cel/mm<sup>2</sup>, una distancia blanco-blanco y una refracción y una evaluación de la retina muy cuidadosas. Suele realizarse entre 21-50 años.

Este tipo de lentes se pueden agrupar en 3 grupos, dependiendo del lugar donde se vaya a implantar la lente:

- **LIO-f de apoyo angular:** Acrysoft Cachet (Alcon) es la lente más utilizada. Es una lente plegable que se implanta a través de una incisión y queda apoyada en el ángulo que se forma entre el iris y la córnea. Solo está disponible para miopía.
- **LIO-f de fijación iridiana:** En este caso tenemos lentes que no se pueden plegar y lentes plegables que se pueden implantar por incisiones más pequeñas. Pueden corregir astigmatismo. Se apoyan en el iris y se fijan por medio de unas asas o hápticas de la lente en el estroma del iris.

- **LIO-f de cámara posterior:** la lente ICL y ICL tórico son plegables y se implantar a través de una incisión, entre la zona posterior del iris y la cara anterior del cristalino, el llamado surco ciliar.

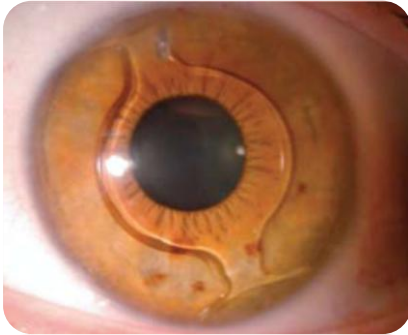


Imagen 1: LIO-f apoyo angular

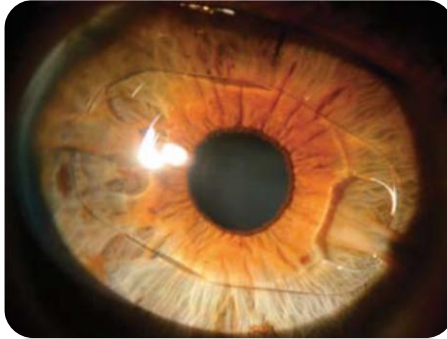


Imagen 2: LIO-f fijación iridiana

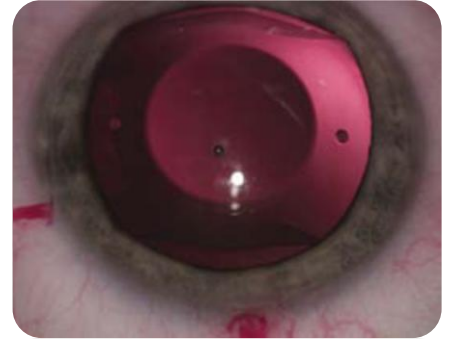


Imagen 3: LIO-f de cámara posterior

#### **1.4.2.- Cirugía refractiva de cristalino**

Este tipo de cirugía consiste en la extracción del cristalino mediante la técnica de facoemulsificación con ultrasonido, de la misma forma en que se realiza una operación de catarata<sup>2</sup>. La LIO se introduce por unas incisiones de unos 2mm y se coloca en el saco capsular donde se encontraba el cristalino “original”.

Como desventaja de esta cirugía cabe destacar: la pérdida de acomodación por parte del paciente, por eso este tipo de cirugía está diseñada para personas de unos 50 años que están empezando a tener presbicia, la posible opacificación de la capsula posterior o un desprendimiento de retina, frecuente en pacientes con miopía elevada.

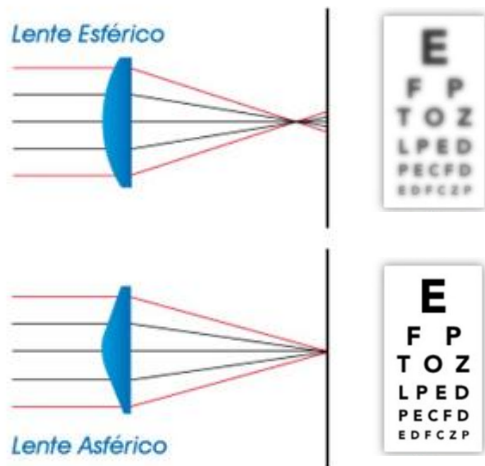
Tipos de LIO:

##### **Lentes intraoculares monofocales**

Son ideales para pacientes que necesiten la visión en un punto en concreto del espacio, cerca, intermedio o lejos. Cuando los rayos de luz llegan a la lente monofocal, estos salen y convergen en un único punto en la retina. Los pacientes que elijen estos tipos de lentes prefieren una buena visión en visión lejana y para visión próxima se apoyan de unas lentes de adición<sup>8</sup>.

Una desventaja de las lentes esféricas es que tienen aberración esférica. Los rayos que inciden por la periferia de la lente focalizan en distinto punto que los rayos incidentes por el centro de la lente, focalizando estos más lejos<sup>9</sup>. La aberración esférica depende de la cantidad de luz que entre en el ojo, ya que, con mayor iluminación la pupila se contrae proporcionando una buena visión, mientras que con una iluminación baja la pupila se dilata

empeorando la visión debido a la aberración esférica, lo que supone un problema durante la noche. Además cuanto mayor sea la potencia de la LIO mayor manifiesto tendrá la aberración esférica, y por lo tanto peor calidad visual. Por ello se pensó en el implante de lentes intraoculares asféricas, donde los rayos periféricos y centrales convergen en un punto único mejorando así la visión en condiciones de luminosidad baja.



Algunas lentes monofocales asfericas son:

- LENTIS Tplus X LU-313 T (Oculentis)
- TECNIS 3-Piece Acrylic ZA9003 (AMO)
- CT ASPHINA 409M (Zeiss)
- iMics NY-60 (Hoya)

### Lente intraoculares tóricas

Son un subgrupo de las lentes monofocales y corrige la aberración esférica y el astigmatismo para una sola distancia determinada<sup>2</sup>.

Algunos modelos de lentes tóricas<sup>9</sup>:



LENTIS MplusXtoric LU-313 MF30T  
(Oculentis)



AcrySofToric 6N60TT T-flex  
(Alcon)



Aspheric 623T

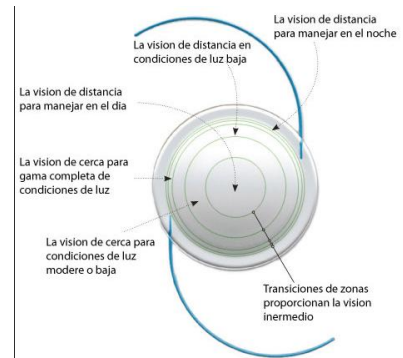
## Lentes intraoculares multifocales

Permiten corregir tanto la ametropía como la presbicia, proporcionando una buena visión a todas las distancias, sin necesidad de gafas adicionales. También en visión nocturna presentan mayor cantidad de halos que las monofocales, pero estas pequeñas desventajas pueden solucionarse con el tiempo, ya que, el sistema neurológico consigue acostumbrarse.

Tipos de lentes intraoculares multifocales:

- Refractivas

Tienen una óptica con diferentes potencias repartidas en diferentes zonas. Se van intercalando zonas lejos-cerca. La pupila tiene una gran influencia pudiendo llegar a ser una desventaja. Este tipo de lente tiene mayor número de halos y de deslumbramientos que otros tipos, aunque existe un elevado éxito y unos resultados satisfactorios.



- Multifocales trifocales

Poseen anillos concéntricos con poderes de refracción distintos que redirigen la luz a tres focos diferentes: visión de lejos, intermedia y cerca. La lente posee una potencia para lejos y los anillos correspondientes están en su periferia. A continuación, se encuentran los anillos para distancia intermedia y finalmente, los anillos centrales son los que se encargan de la visión de cerca. No depende del tamaño pupilar. Una muy buena opción con una calidad visual muy buena para todas las distancias.

- Multifocales difractivas

Existen varias zonas con poderes de refracción distintos. Son una serie de anillos concéntricos que forman una “red de difracción”. Dirige los rayos de luz a dos focos distintos al mismo tiempo, y se crean dos puntos focales separados, uno para lejos y otro para cerca.

La luz llega a la superficie completa de la lente, por lo que no existe dependencia del tamaño de la pupila. También pueden causar deslumbramientos por la noche.

- Apodizadas

La primera zona es central y se encuentra la zona de apodización, donde se encuentran escalones concéntricos de diferentes alturas, convirtiéndose la lente en difractiva. La segunda zona es la periférica de la lente. Se ocupa de la visión de lejos y dirige los rayos de luz a un punto focal lejano.

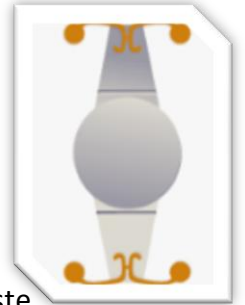
- Multifocales tóricas

Este tipo de lentes pueden corregir simultáneamente el astigmatismo y la presbicia, disfrutando de una buena visión a todas las distancias, siempre y cuando el astigmatismo sea superior a una dioptría.

#### Lentes intraoculares acomodativas

Son lentes monofocales y se implantan para corregir el defecto refractivo de lejos<sup>9</sup>.

Mediante la contracción muscular del cuerpo ciliar y gracias a las pequeñas bisagras que poseen, se mueven ligeramente dentro del saco capsular, simulando la acomodación natural del ojo. Al cambiar de posición, la lente hace que los rayos enfoquen a una distancia más cercana de la posición original, aunque tiene un movimiento limitado.



Una ventaja es que no produce halos ni disminuye la sensibilidad al contraste, aunque como desventaja podemos decir que la visión de cerca no es tan buena y el roce de la LIO con la cornea, afecta a las células endoteliales<sup>10</sup>.

## **2.- HIPÓTESIS**

Existe una relación lineal entre la longitud axial, profundidad de cámara anterior y la precisión de cálculo de la potencia de la lente propuesta por la fórmula SRKT mediante biometría.

## **3.- OBJETIVOS**

- Estudiar la relación que existe entre la longitud axial y la PLIO
- Estudiar si la profundidad de la cámara anterior está relacionada con la longitud axial.
- Estudiar la relación entre la profundidad de la cámara anterior y la PLIO
- Calcular el porcentaje de los tipos de lentes implantadas.
- Evaluar la distribución de potencias necesarias para cuatro tipos de lentes intraoculares para proponer una previsión de consumo de potencias de lentes necesarias y establecer un almacenamiento en base a esta previsión.

## 4.- MATERIAL Y MÉTODO

### Metodología

Se trata de un estudio comparativo de pacientes operados de cirugía refractiva mediante la técnica de extracción de cristalino y la posterior implantación de una lente intraocular. Para ello se ha necesitado el estudio preoperatorio de cada uno de ellos.

Se han incluido a todos los pacientes operados de cirugía de cristalino en dos centros oftalmológicos, durante el periodo de un año, independientemente de cuál fuera su ametropía.

La muestra está compuesta por un total de 141 ojos. De los cuales 95 corresponden a mujeres y 46 a hombres. 13ojos (9,15%) corresponden a una longitud axial <22mm, y 4 ojos (2,82%) corresponden a longitud axial >26mm, por lo que los 124 ojos (88,03%) restantes se encuentran dentro del margen 22-26mm. En el Anexo I se pueden encontrar los valores de los 141 ojos con su LA, CA y PLIO.

### Material

Los valores de biometría utilizados en este estudio como los valores de la longitud axial y cámara anterior se han realizado con un biómetro de ultrasonidos con la técnica de inmersión en 23 ojos mientras los 118 restantes se han realizado con un biómetroóptico (IOL Master de Zeiss).

El biómetro de inmersión se trata de un biómetro OcusanRxP de Alcon. La biometría se realiza con una sonda de ultrasonidos de frecuencia 10MHz  $\pm$  1MHz.

MEDIO	VELOCIDAD (m/s)
Agua	1480
Córnea	1550
Acuoso y vítreo	1532
Cristalino	1640
Catarata	1629
Esclerótica	1630

Tabla 2: velocidades de propagación del ultrasonido

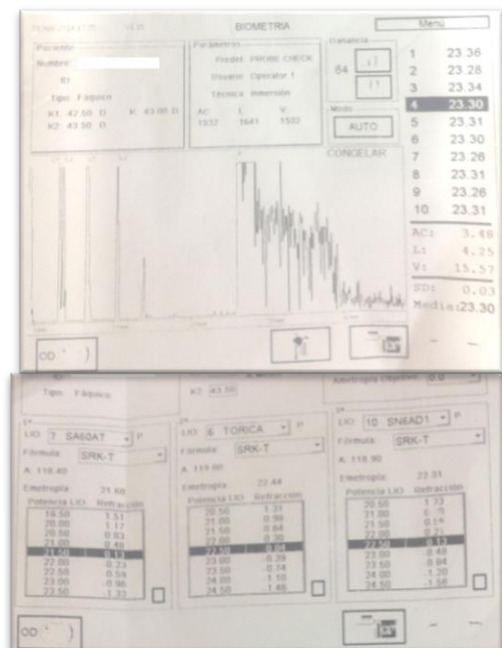


Imagen 4: biometría de inmersión



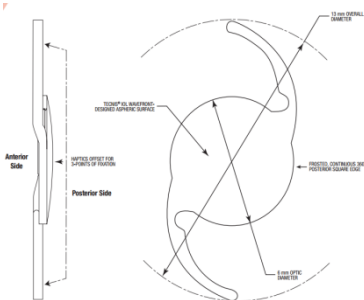
En este estudio se han utilizado 12 tipos de lentes intraoculares diferentes predominando la lente ZMB00, seguida de ZCB00, SA6AD1, SA60WF, SN6AT6, SN6AT5, SN6AT4 y SN6AT3, SA60AT, SV25T0, SND1T5 y MN6AD1.

Lentes intraoculares más utilizadas:



### **TECNIS Multifocal ZMB00 (AMO)**

Indicada para pacientes con presbicia o cataratas que deseen ver de cerca, distancia intermedia y lejos con independencia de gafas. Combina una serie de características específicas para proporcionar una excelente calidad de visión en cualquier situación de iluminación.



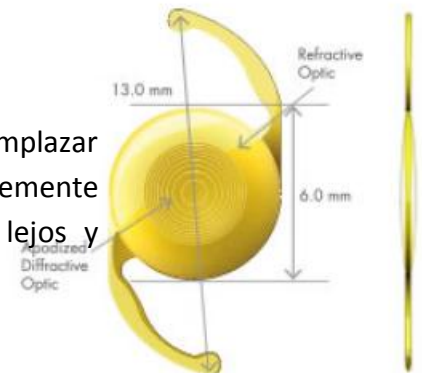
### **TECNIS Monofocal asferical ZCB00 (AMO)**

Tecnis ZCB00 es una lente intraocular monofocal esférica y es la primera y única lente con frente de onda de diseño aprobado por la FDA que rejuvenece la visión mediante la corrección de la aberración esférica a cero. Transmite la luz azul saludable y reduce la incidencia de reflejos.



### **Acrysof IQ Restor SN6AD1(Alcon)**

Es una lente intraocular multifocal diseñada para reemplazar las cataratas y corregir la presbicia reduciendo enormemente la dependencia de las gafas para visión de cerca, lejos y distancia intermedia.



### **Acrysof IQ aspheric SN60WF(Alcon)**

La lente Acrysof IQ es una Lente Intraocular Monofocal Esférica con filtros de Luz Azul y Ultravioleta. Construida de una sola pieza es de material acrílico y plegable.

	<b>ZBM00</b>	<b>ZCB00</b>	<b>SN6AD1</b>	<b>SN60WF</b>
<b>Potencia</b>	+ 5.00 a +34.00	+ 6.00 a +30.00	+ 6.00 a + 34.00	+ 6.00 a +30.00
<b>Diámetro óptico</b>	6.00 mm	6.00mm	6.00mm	6.00 mm
<b>Diámetro total</b>	13.00 mm	13.00mm	13.00 mm	13.00 mm
<b>Constante A</b>	119.3	118.8	118.9	
<b>Asfericidad</b>	Asférica	Asférica	Asférica	Asférica
<b>Principio óptico</b>	Difractiva	Refractiva	Difractiva	Refractiva
<b>Adicción</b>	4	monofocal	3	monofocal
<b>Fabricante</b>	Amo	Amo	Alcon	Alcon

Tabla 3: tabla resumen de las 4 lentes anteriores

### Procedimiento

El proceso de cirugía fue para todos los pacientes el mismo. Se comenzó por una anamnesis, incluyendo el estado funcional del paciente, su estado médico, psíquico y físico, medicación... Posteriormente se midió la AV preoperatoria, tanto para visión próxima, como para visión lejana, ambas con y sin ciclopléjico. Se exploró la motilidad ocular y se realizó un examen en profundidad del segmento anterior del ojo a través de una lámpara de hendidura. Se midió la presión intraocular (PIO) con un tonómetro de contacto, y se dilató la pupila para examinar el segmento posterior del ojo (cristalino, mácula, vítreo, nervio óptico y retina periférica). Además, como pruebas específicas para esta cirugía también se realizó: una biometría donde medimos con exactitud la longitud antero-posterior del ojo, y a través de la fórmula adecuada calculamos la potencia de la LIO. También realizamos una queratometría, topografía, pupilometría y microscopía endotelial. Finalmente se implanto la LIO y se realizó un examen post-operatorio.

## 5.- RESULTADOS

Se operaron un total de 141 ojos de los cuales 95 (68,38%) corresponden a mujeres y 46 (32,62) a hombres. La edad media de los pacientes es de 64 años. Los resultados descriptivos se pueden observar en la siguiente tabla.

### ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS

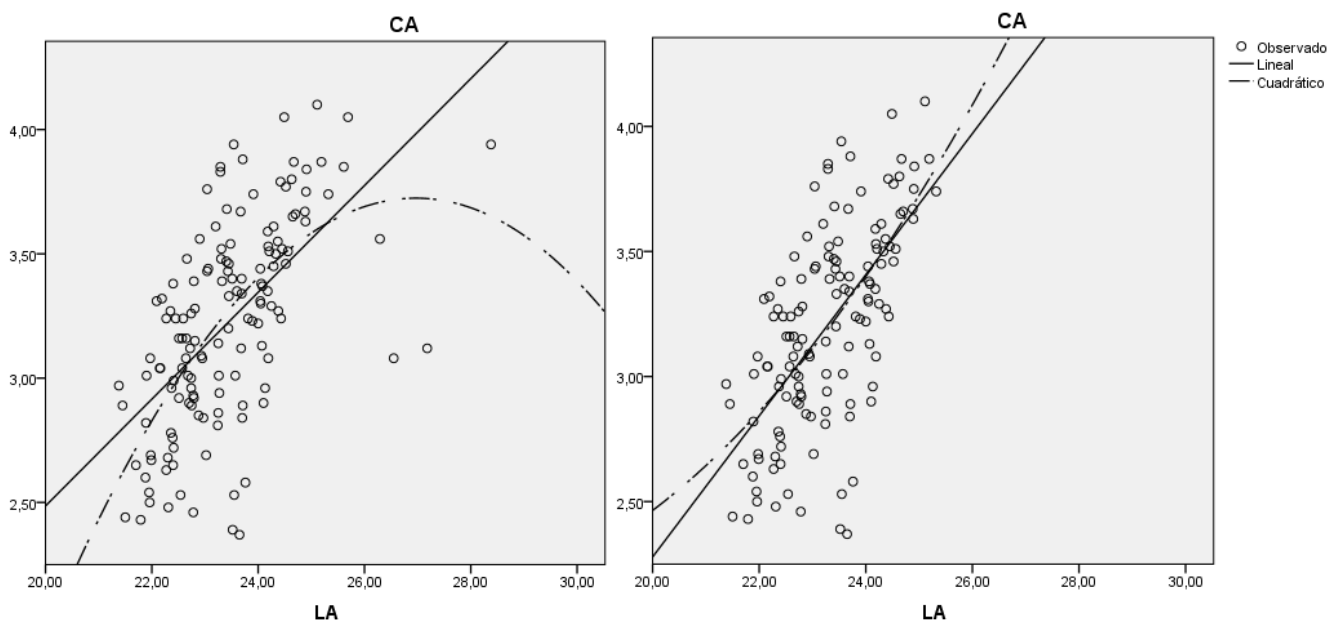
	MEDIA	DESVIACIÓN TÍPICA	MAX	MIN	N
PLIO	21,87 D	3,21 D	27,50 D	6,00 D	141
LA	23,42 mm	1,14 mm	28,38 mm	21,38 mm	141
CA	3,22 mm	0,40 mm	4,10 mm	2,37 mm	141

Vamos a hallar la correlación de Pearson entre la PLIO y LA, PLIO y CA y LA y CA.

### CORRELACION DE PEARSON

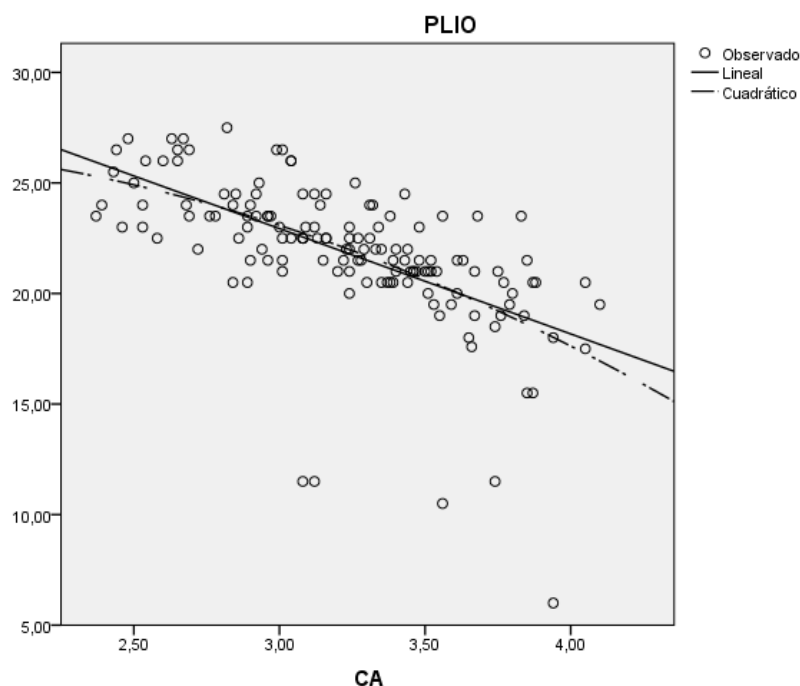
	LA	CA
PLIO	-0,865	-0,605
LA		0,600

En las siguientes gráficas se han representado la LA frente a la profundidad de la CA.



En la gráfica 1 nos sale una regresión lineal del tipo  $y = 0.215x - 1.812$  con un  $p < 0.001$ , hay una relación lineal entre LA y CA, pero existe una limitación para  $LA > 25,50\text{mm}$  lo que significa que para  $LA > 25,50\text{mm}$  deberíamos de usar otra fórmula que tenga en cuenta la CA y la ELP, por eso en la gráfica 2 se ha representado la gráfica 1 pero eliminando los outliers, que son aquellos puntos que podríamos considerar como miopías patológicas donde la LA la determina la esclera por una deformación. Por lo que al eliminar los outliers la regresión lineal para la gráfica 2 es de  $y = 0,282x - 3,364$  con un  $p < 0,001$ . A partir de una  $LA > 25,50\text{ mm}$  la representación pasa a ser cuadrática en lugar de lineal esto puede ser debido a que la CA no aumenta progresivamente hasta el infinito con la LA, por lo que, podríamos considerar que ojos con LA grandes o en miopías patológicas la CA no aumenta con la LA.

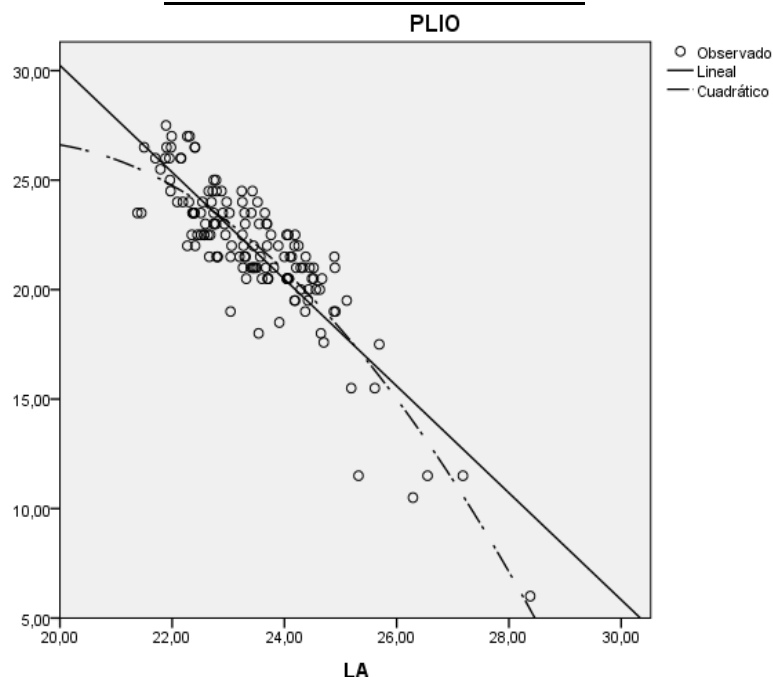
### **RELACION ENTRE PLIO Y CA**



**Gráfica 3.- CA frente a PLIO**

La gráfica 3 se corresponde a la profundidad de la CA en función de la PLIO en la que se observa una regresión lineal cuya función es:  $y = -4,764x + 37,226$  donde todos los puntos se ajustan perfectamente a excepción de los valores para  $PLIO < 15D$ , los cuales se corresponden con una LA muy grande, posiblemente patológica. La gráfica muestra un nivel de significación de  $p < 0,001$ .

## RELACIÓN ENTRE LA Y PLIO



Gráfica 4.- LA frente a PLIO

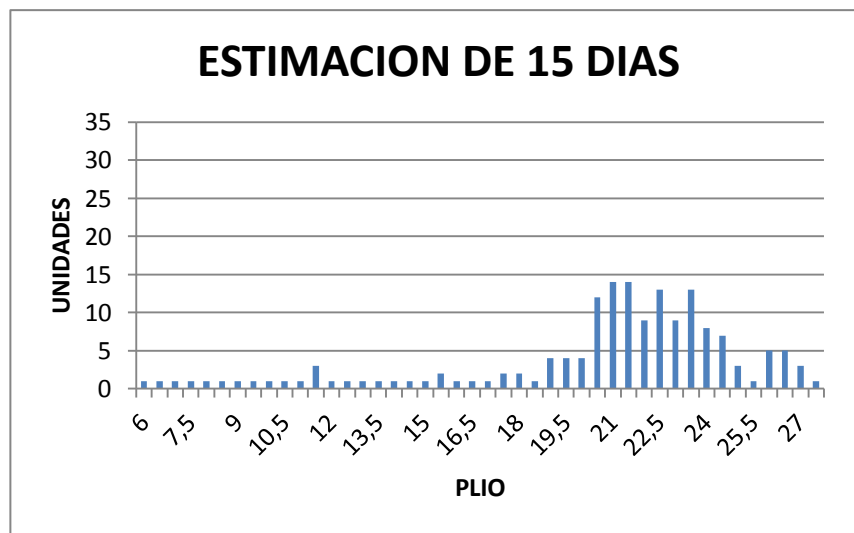
En la gráfica 4 hemos relacionado la LA con la PLIO donde los puntos se ajustan perfectamente a una relación lineal con función:  $y = -2,44x + 79,043$  con una significación de  $p < 0,001$ . A mayor LA menor PLIO. Al igual que en las gráficas anteriores aparecen esos puntos que se alejan de la relación lineal, lo que podría deberse a lo mismo ya que no se tiene en cuenta el valor de la CA en el cálculo de la PLIO.

## MUESTREO

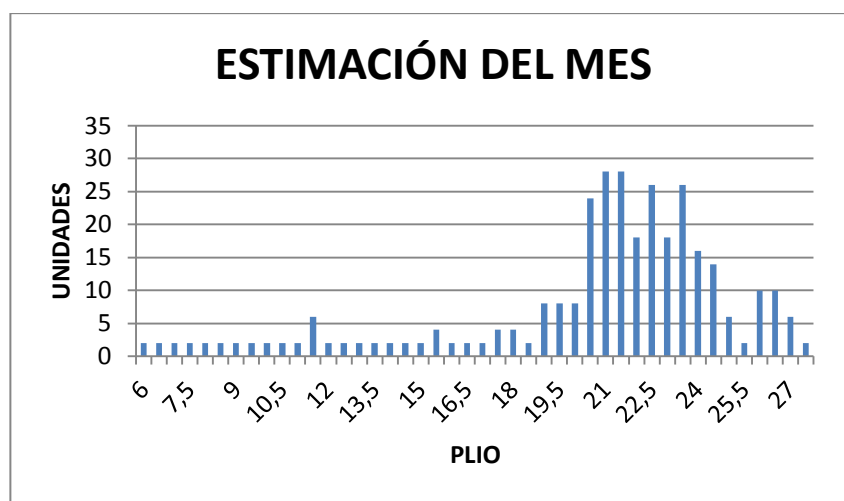
Realizamos un modelo de un cálculo mensual para un total de dos quirófanos, donde se realizan al día un total de 7 cirugías en cada uno de lunes a viernes. Esto supone un gasto total de 140 LIO en 15 días, se puede observar el diagrama de barras en la gráfica 5. Debido a que es más cómodo realizar un inventario mensual, en lugar de quincenal en la gráfica 6 se muestra el diagrama de barras mensual para suplir los dos quirófanos, se corresponde con el doble de la gráfica 5. Además para no tener las LIOs justas vamos a incrementar su valor en un 20% en STOCK. En el Anexo II encontramos las unidades de cada PLIO para los 141 ojos.

Condiciones:

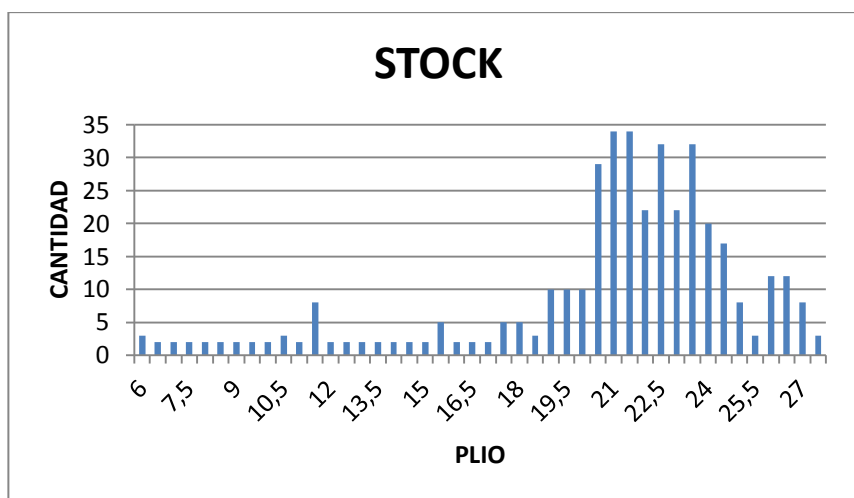
- Mínimo una LIO por potencia desde 6D hasta 27,50D
- Incrementar en un 20% las LIOs en stock
- Redondear siempre al máximo



Gráfica 5.- LIOs frente a unidades (quincenal)

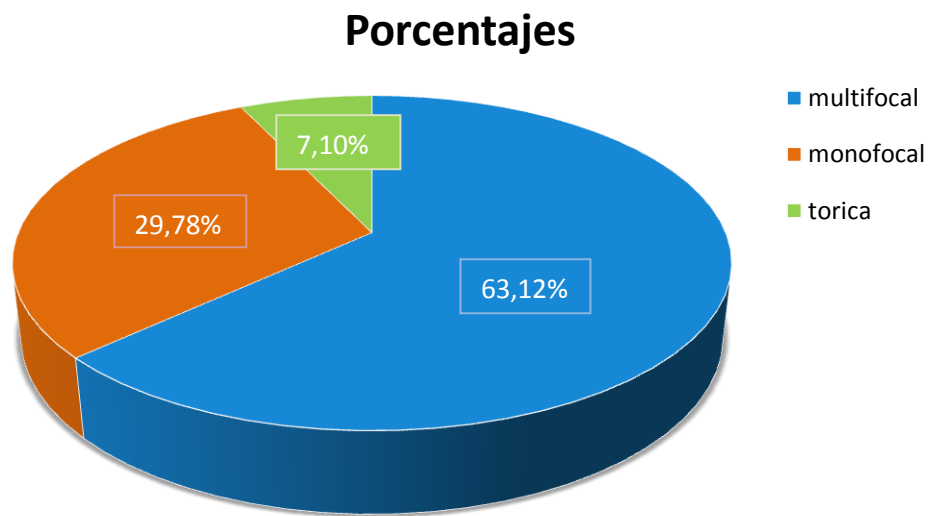


Gráfica 6.- Plio frente a unidades (mensual)



Gráfica 7.- PLIO frente a unidades en STOCK

Como no todos los pacientes llevan implantada el mismo tipo de LIO vamos representar en una gráfica circular para saber cuál es la predominancia de estas.



Gráfica 8.- representación de porcentajes de tipos de LIOs implantadas

En este estudio se han implantado 10 tipos diferentes de lentes intraoculares, las cuales se han agrupado en multifocales, monofocales y tóricas. Las que más predominan son las multifocales con un 63,12% seguidas de las monofocales con un 29,78% y con un porcentaje más pequeño las tóricas.

## 6.- DISCUSIÓN

La mayor parte de cirugías refractivas son queratorrefractivas, pero algunos pacientes presentan contraindicaciones y se opta por técnicas intraoculares, con la implantación de una LIO. Este tipo de cirugía también tiene sus ventajas, sobre todo para personas mayores de 50 años donde se empieza a manifestar la presbicia, y con el implante de una LIO multifocal se logra una buena visión a todas las distancias<sup>2</sup>. Esto se relaciona con nuestros datos, ya que la edad media es de 64 años, y además predomina la implantación de una LIO multifocal con un 63,12% frente a un 29,78% en monofocales.

La LA se extrajo de las biometrías de inmersión con un porcentaje del 16.31% y un 83.69% del IOL Master el cual resulta más fácil de manejar y presenta mayor rapidez. Comparando ambos otros estudios, el IOL Master presenta la misma precisión que la técnica de inmersión<sup>14</sup>.

Dependiendo de la LA existen diferentes fórmulas para el cálculo de la LIO donde algunos estudios demuestran que para ojos entre 22 y 28mm todas las fórmulas resultan igual de efectivas, mientras que para ojos mayores a 28mm la SRK-T resultó ser la más predecible, y para ojos < 22mm Hoffer-Q y Binkhorst II<sup>15</sup>. En el estudio se utilizó la fórmula SRK-T para todos los ojos, independientemente de la LA, por lo que valores de LIOs calculadas con otras fórmulas no podrán ser comparados con este estudio.

Realizamos 3 gráficas diferentes relacionando la PLIO, la LA y la CA entre ellas. Además de una estadística descriptiva de las 3 variables y la relación de Pearson, donde existe una correlación negativa. Se encontró que la LA tiene un gran peso en el cálculo de la PLIO, lo cual ya nos lo esperábamos debido a que el valor de la LA es un parámetro que se utiliza en el cálculo de la PLIO para la fórmula SRK-T.

En la gráfica 1 se relaciona la PLIO con la profundidad de la CA donde encontramos una regresión lineal que se adapta muy bien con una significación de  $p < 0.001$ . Se encuentran unos outliers que rompen con la linealidad, por lo que diríamos que a partir de 25,50 mm la relación no es estable y deberíamos de comparar estos puntos con otras fórmulas que tengan en cuenta la CA y la ELP, como por ejemplo la Hoffer Q. Estos resultados se relacionan con un estudio donde se da una relación positiva hasta un punto de inflexión entre 23 y 25mm. Por lo que dividen la LA en dos grupos: <24mm donde la CA se relaciona con la LA y >24 donde deja de existir esta relación<sup>16</sup>.

La SRK-T es una fórmula de tercera generación ampliamente aceptada, pero no tiene en cuenta la CA, la cual está relacionada con la predicción de la posición efectiva de la lente (ELP), de ahí que se hayan investigado otras fórmulas que tengan en cuenta estos valores. Presenta una limitación en la parte superior en posición efectiva, por lo que para ojos muy miopes sobreestimaré la potencia efectiva y quedarán hipercorregidos, aunque si comparamos la SRK-T con otras fórmulas de tercera generación los estudios demuestran



que para ojos con una LA > 24,50 mm la SRK-T es la fórmula que menor error medio presenta, habiendo un salto donde entre una LA entre 24,50 y 26,00mm la Holladay I fue superior, continuando a partir de este valor la SRK-T la más efectiva.<sup>17</sup>

La relación entre la CA y la PLIO la encontramos en la gráfica 3 donde se observa que los puntos se adaptan perfectamente a una relación lineal y se corresponde a la relación de Pearson.

La LA tiene un gran peso en el cálculo de la PLIO, por lo que la correlación entre ambas es fuerte, en la gráfica 4 podemos ver la distribución donde se ve una clara representación lineal.

En la realización del stock de LIOs para dos quirófanos en el plazo de un mes el mayor porcentaje se los llevan las LIOs con potencias entre 20,50 y 23,50D. El número de unidades se ha realizado con una sobreestimación del 20% desde la potencia mínima de 6,00D hasta la potencia máxima de 27,50D en pasos de 0,50D. El tipo de lente más implantado han sido las multifocales doblando a las monofocales.

Debido a que el 80,03% de los ojos se encuentra dentro de los valores normales de LA, entre 22 y 26mm, se ha decidido no separarlos en función de la LA.

Una limitación es que toda la población es caucásica. Toda la muestra ha sido realizada en ojos caucásicos, por lo que para que el estudio tuviera más fiabilidad sería necesario incorporar ojos de otras razas. La raza asiática es la que presenta una mayor miopía patológica debido a que la LA es menor, siendo menos probable en ojos de raza africana.<sup>18</sup>

## **7.- CONCLUSIONES**

- Existe una relación lineal entre la LA y potencia de la lente implantada. A menor longitud axial mayor es el valor de la LIO.
- Los ojos con una LA grande presentan una mayor CA y ojos con una LA menor presentan valores de CA menores.
- Para una LA > 25,50mm la CA no sigue una relación lineal.
- Existe una relación lineal entre la CA y la PLIO. A mayor CA menor PLIO.
- SRK-T está limitada en ojos con LA grande.

## 8. - BIBLIOGRAFÍA

1. - David J. Apple. Biographical memoirs of fellow of the royal society. December 2007
- 2.- Rene Moreno N., Miguel Srura, Carlos Niembe. Cirugía refractiva: indicaciones, técnicas y resultados. Rev. Med. clin. 2010; 21(6): 901 - 910.
- 3.-MC Puell Marin. Introducción a la cirugía refractiva. Universidad complutense de Madrid, 2009. [actualizado 30 Oct 2012]. Disponible en: <http://eprints.ucm.es/16915>
- 4.- Nuria Garzon, Monica Muñoz Mendoza, Francisco Poyales Galan. Cálculo de la potencia de lentes intraoculares. Gaceta Óptica. Abril 2008; 425: 22-25.
- 5.- Clínica Baviera (Instituto Oftalmológico Europeo). Cálculo del poder dióptrico de lentes intraoculares. Servicio de Oftalmología del Hospital de Viladecans Annals d'Oftalmologia. 2003; 11(3):152-165.
- 6.- Ariel Prado Serrano, Nayat Guadalupe. Cálculo del poder dióptrico de lentes intraoculares ¿Cómo evitar la sorpresa refractiva?. Rev. Mex. Oftalmol. Septiembre-Octubre 2009; 83(5): 272-280.
- 7.- Ramón Lorente, Javier Mendicute, Jaime Aramberri. Cirugía del cristalino. En Jaime Amberri. LXXXIV Ponencia Oficial de la Sociedad Española de Oftalmología; 2008. P. 234-275.
- 8.- Vanesa Blazquez Sanchez, Eva Díaz Castillo. Innovaciones en cirugía de catarata. Gaceta Optométrica y óptica oftálmica. Mayo 2013; 481: 62-69.
- 9.-[www.nuevocristalino.com](http://www.nuevocristalino.com)
- 10.- Ricardo Carceller Cerviño "El óptico-Optometrista en la cirugía de catarata" Gaceta Optométrica y óptica oftálmica 469: 18-28, Abril 2012.
- 11.- Alcon.com [Internet]. Disponible en: [www.alcon.com](http://www.alcon.com)
- 12.- Jorge L. Alió, Luis Rodriguez-Prat. Buscando la excelencia en la cirugía de catarata. Glosa, 2006.
- 13.- Apuntes de optometría clínica, 2013-2014. Disponible en: [www.moodle2.com/optometríaclínica](http://www.moodle2.com/optometríaclínica).
- 14.- Haigis W, Lege B, Miller N, Schneider E "Comparison of immersion ultrasound biometry and partial coherence interferometry for intraocular lens calculation according" ClinExpOphthalmol 2000. Sep; 238(9):765-73.
- 16.- Donoso R, Mura JJ, López M, PapicA. Buscando la emetropia en cirugía de catarata con la fórmula más indicada para cada ojo según su longitud axial. Arch. Soc. Esp. Oftalmol. Sep 2003 78(9).

- 15.- Yebra-Pimentel E., González-Méijome J.M., García-Resúa C., Giráldez-Fernández M.J . Relación entre los componentes ópticos oculares e implicaciones en el proceso de emetropización. Arch. Soc. Esp. Oftalmol. Mayo 2008; 83 (5).
- 17.- Pedroso Llanes A, Veitía Rovirosa ZA, Pérez Candelaria EC, Rodríguez Maso S, Montero Díaz E, Santiesteban García I. Comparación entre las fórmulas estándar y específicas para el cálculo del lente intraocular con IOL MASTER. Revista Misión Milagro [serie en Internet]. 2009 Dic [citado:]; 3(4): Disponible en: <http://www.misionmilagro.sld.cu/vol3no4/inv3402.php>
- 18.- Martalucia Tamayo, Jaime Bernal. Alteraciones visuales y auditivas de origen genético. 1998.

## 9.- ANEXOS

### ANEXO I

LA (mm)	PLIO (D)	CA(mm)
23,3	23	3,48
22,79	21,5	3,39
22,66	21,5	3,48
22,35	22,5	3,27
22,45	22,5	3,24
24,08	20,5	3,37
24,05	20,5	3,3
24,43	20	3,24
24	21,5	3,22
21,38	23,5	2,97
21,45	23,5	2,89
23,71	20,5	2,89
22,27	22	3,24
25,69	17,5	4,05
28,38	6	3,94
25,32	11,5	3,74
26,29	10,5	3,56
22,81	21,5	3,15
22,81	21,5	3,28
22,54	24	2,53
22,78	23	2,46
23,06	22	3,44
26,55	11,5	3,08
27,18	11,5	3,12
23,7	20,5	2,84
23,71	20,5	3,88
25,19	15,5	3,87
22,3	24	2,68
22,39	23,5	2,76
25,61	15,5	3,85
24,19	22,5	3,08
23,68	23	3,12
24,49	20,5	4,05
25,11	19,5	4,1
23,91	18,5	3,74
24,13	21,5	2,96
24,1	21,5	2,9
22,15	26	3,04
23,41	23,5	3,68
22,16	26	3,04

LA (mm)	PLIO (D)	CA (mm)
23,48	21	3,54
23,45	21	3,46
24,33	21	3,5
24,18	22	3,35
21,70	26	2,65
21,50	26,5	2,44
22,51	22,5	3,16
22,57	22,5	3,16
22,09	24	3,31
22,19	24	3,32
24,65	18	3,65
24,70	17,59	3,66
21,96	25	2,5
21,79	25,50	2,43
23,04	21,5	3,43
23,32	20,5	3,39
23,67	21	3,67
24,18	19,5	3,59
23,45	22	3,33
23,51	21	3,40
23,43	24,5	3,43
23,69	23	3,34
24,67	20,5	3,87
24,52	20,5	3,77
22,90	23,50	3,56
22,65	24,5	3,16
24,52	21	3,46
24,45	21	3,52
23,65	23,5	2,37
23,52	24	2,39
24,9	21	3,75
24,89	21,5	3,63
23,81	21	3,24
23,60	20,5	3,35
22,88	24,5	2,85
22,78	25	2,93
23,29	23,5	3,83
24,29	20	3,61
22,95	22,5	3,08
22,93	23	3,09

22,15	26	3,04	24,29	20	3,61
22,74	25	3,26	24,42	19,5	3,79
22,72	24,5	3,12	21,95	26	2,54
22,68	22,5	3,01	21,88	26	2,60
22,59	23	3,24	23,76	22,5	2,58
24,07	22,5	3,13	23,55	23	2,53
24,04	22,5	3,31	22,40	26,5	2,65
23,54	18	3,94	22,31	27	2,48
23,04	19	3,76	22,27	27	2,63
22,41	22	2,72	22,41	26,5	2,99
22,36	23,5	2,78	23,30	21,5	3,52
23,25	24	3,14	23,40	21	3,47
23,24	24,5	2,81	24,63	20	3,80
24,21	21	3,51	24,56	20	3,51
24,29	21	3,45	23,29	21,5	3,85
22,40	23,5	3,38	23,20	21,5	3,61
21,97	24,5	3,08	22,57	22,50	3,04
24,25	22	3,29	22,64	22,5	3,08
24,38	21,5	3,27	22,97	24	2,84
22,75	23	2,89	22,79	24,5	2,92
22,74	23	3,00	22,51	23,5	2,92
24,37	19	3,55	22,37	23,5	2,96
24,19	19,5	3,53			
24,88	19	3,67			
24,91	19	3,84			
23,26	21	3,01			
23,44	21	3,20			
23,25	22,5	2,86			
23,57	21,5	3,01			
23,27	22	2,94			
23,02	23,5	2,69			
22,70	24	2,90			
22,74	23,5	2,96			
24,06	20,5	3,38			
24,04	20,5	3,44			
23,89	22	3,23			
23,69	22	3,4			
21,99	27	2,67			
21,98	26,5	2,69			
21,90	26,5	3,01			
21,89	27,5	2,82			

## **ANEXO II**

<b>PLIO</b>	<b>UNIDADES</b>
6	1
10,5	1
11,5	3
15,5	2
17,5	2
18,0	2
18,5	1
19,0	4
19,5	4
20,0	4
20,5	12
21,0	14
21,5	14
22,0	9
22,5	13
23,0	9
23,5	13
24,0	8
24,5	7
25,0	3
25,5	1
26,0	5
26,5	5
27,0	3
27,5	1